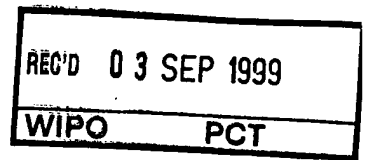


**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



## Bescheinigung

Die SMS Schloemann-Siemag AG in Düsseldorf/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren und Anlage zur Herstellung von Dualphasen-Stählen"

am 24. Juli 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig das Symbol B 22 D 11/124 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 15. Juli 1999

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Nietiedt



Aktenzeichen: 198 33 321.8

23 JULI 1998

SMS Schloemann-Siemag Aktiengesellschaft,  
Eduard-Schloemann-Straße 4, 40237 Düsseldorf

37 206

## Verfahren und Anlage zur Herstellung von Dualphasen-Stählen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage zur Herstellung von Dualphasen-Stählen aus dem warmgewalzten Zustand mit einem zweiphasigen Gefüge aus 70 bis 90 % Ferrit und 30 bis 10 % Martensit durch eine kontrollierte Temperaturführung und definierte Kühlstrategie während der Abkühlung der Stähle, unter anderem mittels Wasserkühlung nach ihrer Fertigwalzung, wobei in einer ersten Abkühlstufe die Kühlkurve in das Ferritgebiet einläuft und nach Erreichen des notwendigen Ferritanteils in einer zweiten Abkühlstufe auf Temperaturen unterhalb der Martensitstarttemperatur weiter abgekühlt wird.

Die gezielte Gefügeumwandlung durch eine entsprechende Abkühlung der Stähle ist bekannt. So wird beispielsweise in der DE 44 16 752 Al ein Verfahren zur Erzeugung von Warmbreitband beschrieben, bei dem vor der ersten Umformung zwischen der Stranggießmaschine und einem Ausgleichsofen die Oberflächentemperatur der Bramme in ausreichender Tiefe (mindestens 2 mm) soweit abgesenkt wird, dass sich eine Gefügeumwandlung von Austenit in Ferrit/Perlit einstellt. Hierbei ist die Abkühlzeit so gewählt, dass mindestens 70 % Austenit in Ferrit/Perlit umgewandelt werden. Im Ausgleichsofen erfolgt daran anschließend eine erneute Umwandlung in Austenit mit Neuorientierung der Austenit-Korngrenzen. Auf diese Weise soll erreicht werden, dass auch Schrott zweiter Wahl, insbesondere Schrott mit Anteilen an Kupfer, ohne unerwünschte Ansammlungen von Kupfer an den Korngrenzen des Primäraustenits als Rohstoff eingesetzt werden kann.

Bei der Herstellung von Dualphasen-Stählen macht man sich gleichfalls eine stattfindende Gefügeumwandlung mit Hilfe einer gezielten Abkühlung zu nutze, nun aber zeitlich nach der erfolgten Umformung. Die Einstellung eines Dualphasen-Gefüges hängt dabei wesentlich von den anlagentechnisch möglichen Abkühlgeschwindigkeiten und der Stahlzusammensetzung ab. Wichtig bei der Herstellung von Dualphasen-Stählen ist eine ausreichende Ferritbildung in der ersten Abkühlstufe.

Anlagentechnisch wird eine ausreichende Ferritbildung z. B. durch Abkühlen mit Wasser auf eine Temperatur um etwa 620 - 650 °C mit anschließender Luftkühlung erreicht. Die Dauer der Luftkühlung (ca. 8 Sekunden) wird so gewählt, dass mindestens 70 % des Austenits in Ferrit umgewandelt sind, bevor die zweite Abkühlstufe einsetzt. Während der ersten Abkühlstufe sowie während der Luftkühlung sollte eine Umwandlung in der Perlitstufe vermieden werden.

In der zweiten Abkühlstufe müssen noch soviel Kühlkapazitäten vorhanden sein, dass Haspeltemperaturen unterhalb der Martensitstarttemperatur erreicht werden. Nur dann ist die Bildung eines Dualphasen-Gefüges mit ferritischen und martensitischen Bestandteilen sichergestellt. Diese bekannte Fertigung ist unproblematisch für kleine Bandgeschwindigkeiten, da nach Ende der ersten Kühlstufe genügend Kühlkapazitäten für die Martensitumwandlung vorhanden sind.

Bei sehr hohen Bandgeschwindigkeiten kann allerdings der Beginn der zweiten Kühlstufe so weit in der vorhandenen Kühlstrecke verschoben sein, dass die anschließende Martensitbildung nur noch unvollständig oder gar nicht erfolgt, da dann die Kühlkapazität zur Einstellung der erforderlichen tiefen Temperatur ( $< 220\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) nicht mehr ausreicht. Es entsteht dann ein Mischgefüge aus Ferrit, Bainit und Anteilen an Martensit, das die angestrebten mechanischen Eigenschaften reiner Dualphasen-Gefüge nicht erreicht.

Ausgehend von diesem bekannten Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Anlage zur Herstellung von Dualphasen-Stählen anzugeben, womit eine schnelle und quantitativ ausreichende Gefügeumwandlung des Austenits in Ferrit auch bei hohen Bandgeschwindigkeiten möglich ist.

Die gestellte Aufgabe wird verfahrensmäßig mit den kennzeichnenden Maßnahmen des Anspruchs 1 dadurch gelöst, dass während der ersten Abkühlstufe die Abkühlkurve der Stähle mit einer so niedrigen Abkühlgeschwindigkeit von 20 K/s bis 30 K/s eingestellt wird, dass die Abkühlkurve mit einer noch so hohen Temperatur in das Ferritgebiet einläuft, dass die Ferritbildung schnell erfolgen kann und vor Beginn der zweiten Abkühlstufe bereits mindestens 70 % des Austenits in Ferrit umgewandelt sind.

Durch die erfindungsgemäß langsamere Abkühlung mit einer niedrigeren Abkühlgeschwindigkeit als bei bekannten Verfahren läuft die Abkühlkurve zeitlich später aber bei einer höheren Temperatur als bei den bekannten Verfahren in das Ferritgebiet ein, d. h. die Umwandlung des Austenits in Ferrit beginnt etwas verzögert aber bei einer höheren Temperatur als bei den bekannten Verfahren, und sie verläuft aufgrund der höheren Temperatur auch schneller ab. Günstig wirkt es sich aus, wenn möglichst schnell das Ferritgebiet bei gleichzeitig hoher Umwandlungstemperatur erreicht wird.

Gegenüber den bekannten Verfahren wird dabei ein Umwandlungsgrad von mindestens 70 % so früh erreicht, dass noch genügend Kühlkapazität in einer gegebenen Kühlstrecke für die anschließende Martensitbildung zur Verfügung steht. D. h., nach Ende der ersten Kühlstufe ist eine ausreichend große Menge an Austenit in Ferrit umgewandelt, so dass die sonst übliche Luftkühlung entfallen kann und unmittelbar an die erste Kühlstufe die zweite Kühlstufe anschließen kann.

Um die Kühlung mit der gewünschten niedrigen Abkühlgeschwindigkeit durchzuführen, wird gemäß der Erfindung das Prinzip der aufgelockerten Kühlung angewendet. Dies ist eine Wasserkühlung, bei der aus mit Abstand hintereinander angeordneten Wasserkühlstufen Wasser auf das Kühlgut aufgebracht wird. Durch Einflußnahme auf die Anzahl der Wasserkühlstufen, ihrem Abstand voneinander sowie der wirksamen Länge der Wasserkühlstufen läßt sich die Abkühlgeschwindigkeit bzw. die aufgebrachte Wassermenge an das Kühlgut (seine Kühlgutmasse und/oder die Kühlgutoberfläche) optimal anpassen. Die Kühlung kann auch mit einer stufenlos veränderbaren Kühlmittelmenge realisiert werden.

Durch die Anpassung an das Kühlgut läßt sich die aufgelockerte Kühlung zeitlich solange ausdehnen, bis der gewünschte Umwandlungsgrad erreicht ist, ohne dass die Gefahr besteht - wie bei den bekannten Verfahren mit schneller Kühlung -, dass die Kühlkurve durch zu intensive Kühlung schon vorher das Ferritgebiet verläßt.

Im Vergleich zur Kühlung nach dem Stand der Technik wird bei einer aufgelockerten Kühlung oder einer stufenlos veränderbaren Kühlmittelmenge weniger Wasser bis zum Erreichen der Umwandlungstemperatur aufgebracht. Diese Differenzwassermenge kann nun während der Umwandlung aufgegeben werden, um die Kohlenstoffmischung aus dem Ferrit in den Restaustenit zu forcieren und so die Ferritbildung zu beschleunigen. Die zurückgebliebenen Austenitbereiche sind mit Kohlenstoff so weit angereichert, dass sie bereits bei Abkühlgeschwindigkeiten von 20 - 30 K/s martensitisch umwandeln.

Da eine definierte Haltezeit für die Abkühlung an Luft nicht mehr notwendig ist, um eine ausreichende Ferritbildung zu gewährleisten, kann die Herstellung von Dualphasen-Stählen auf einem Teil der Kühlstrecke erfolgen. Der genutzte Teil der Kühlstrecke ist dabei sehr viel kürzer als bei den bekannten Verfahren mit Luftkühlung.

Wenn die erforderlichen Gefügekomponenten für Dualphasen-Stählen ohne Luftkühlung eingestellt werden können, entstehen daraus für den Betreiber wesentliche Vorteile. Es sind weniger Anlagenkomponenten für die Herstellung von Dualphasen-Stählen notwendig. Gleichzeitig kann das Produktionsspektrum mit veränderten Prozeß- und Bandparametern (z. B. höhere Bandgeschwindigkeit) gegenüber bisher erweitert werden.

Eine Anlage zur Durchführung des Verfahrens der Erfindung ist gekennzeichnet durch eine hinter dem letzten Fertigwalzgerüst angeordnete Kühlstrecke aus mehreren mit Abstand hintereinander angeordneten Wasserkühlstufen oder Kühlsystemen mit einer stufenlos veränderbaren Kühlmittelmenge. Die Anzahl der Wasserkühlstufen, ihre wirksame Länge und ihr Abstand voneinander sind gemäß der Erfindung veränderbar, so dass diese Kühlstrecke an veränderte Geometrien des Kühlgutes sowie an unterschiedliche Bandgeschwindigkeiten in einfacher Weise angepasst werden kann.

Weitere Vorzüge, Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachstehenden Erläuterung eines in den Zeichnungen schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels.

Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung der schnellen Kühlung und der aufgelockerten Kühlung sowie ihre Zuordnung in einer Walzstraße,
- Fig. 2 ein Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild,
- Fig. 3 den Grad der Austenitumwandlung bei der schnellen Umwandlung,
- Fig. 4 den Grad der Austenitumwandlung bei der aufgelockerten Kühlung.

In der Figur 1 ist schematisch das Ende einer Walzstraße dargestellt, bestehend aus dem letzten Fertigwalzgerüst (1), dem Walzgut bzw. Kühlgut (2) und einem Haspel (3) mit Umlenkrollen bzw. Treiber (4). Oberhalb dieses Teils einer Walzstraße sind zwei unterschiedliche Kühlstrecken eingezeichnet. Mit der Kühlstrecke (5) nach dem Stand der Technik wird durch eine zusammenhängende Wasserzufuhr eine frühe, schnelle Abkühlung des Kühlgutes (2) herbeigeführt. In der Kühlstrecke (6) sind gemäß der Erfindung mit Abstand hintereinander Wasserkühlstufen (7) angeordnet, wodurch die Abkühlung "aufgelockert" wird.

Die sich durch die unterschiedlichen Kühlverfahren (5, 6) ergebenden unterschiedlichen Umwandlungsergebnisse sind in den folgenden schematischen Darstellungen beispielhaft wiedergegeben.

In Figur 2 ist in einem Zeit-Temperatur-Umwandlungs-Schaubild der Verlauf der Abkühlkurve (9) bei einer Abkühlung nach bekannten Verfahren und die Abkühlkurve (10) bei einer aufgelockerten Kühlung dargestellt, wobei auf der Abszisse die Zeit (Z) in Sekunden und auf der Ordinate die Temperatur (T) in °Celsius angegeben sind.

Die Abkühlkurve (9) zeigt den Kühlverlauf bei der heute üblich verwendeten Strategie (frühes, schnelles Abkühlen auf eine bestimmte Haltetemperatur mit anschließender Luftkühlung, danach weitere Abkühlung auf tiefe Temperaturen unterhalb der Martensitstarttemperatur). Die Abkühlkurve erreicht mit ihrer ersten Abkühlstufe (11) relativ früh im Punkt (8) das Umwandlungsgebiet für die Ferritbildung (Ferritgebiet) und verbleibt infolge der Haltezeit (12) mit Luftkühlung auch relativ lange in diesem Gebiet (F), bevor durch die zweite Abkühlstufe (13) ab dem Punkt (17) die weitere Abkühlung auf eine Temperatur unterhalb der Martensitstarttemperatur (M = Martensit, B = Bainit, P = Perlit) erfolgt.

Demgegenüber erreicht die Abkühlkurve (10) mit ihrer ersten Abkühlstufe (14) bei der aufgelockerten Kühlung gegenüber der Abkühlkurve (9) das Ferritgebiet (F) im Punkt (15) erst später. Da nach Erreichen des Ferritgebietes (F) die aufgelockerte Kühlung zunächst beibehalten wird, wird keine zeitkostende Haltezeit mit Luftkühlung benötigt und die Abkühlkurve (10) verläßt zeitlich früher wieder das Ferritgebiet (F).

Die aufgelockerte Kühlung wird innerhalb des Ferritgebietes (F) dabei solange aufrecht erhalten, bis der gewünschte Umwandlungsgrad erreicht ist. Danach erfolgt unmittelbar die weitere Abkühlung mit der zweiten Abkühlstufe (16).

Die mit den aufgezeigten unterschiedlichen Abkühlstrategien, der bekannten schnellen Abkühlung und der aufgelockerten Abkühlung erreichbaren Austenitumwandlungsraten sind den beiden nächsten Darstellungen in den Figuren 3 und 4 zu entnehmen; dabei ist jeweils auf der Abszisse die Kühlzeit (Z) in Sekunden und auf der Ordinate der Umwandlungsgrad (U) der Austenitumwandlung in Ferrit dargestellt.

Bei der schnellen Abkühlung (Fig. 3) findet während der ersten Abkühlstufe (11) der Abkühlkurve (9) zunächst eine starke Ferritbildung bis ca. 53 % statt, die sich dann bei der folgenden Luftkühlung (12) auf etwa 62 % steigert. Dies ist aber für die Herstellung von Dualphasen-Stählen noch nicht ausreichend.

Bei der aufgelockerten Kühlung (Fig. 4) gemäß Abkühlkurve (10) sind dagegen in der gleichen Zeit bereits deutlich höhere Ferritgehalte in der ersten Abkühlstufe (14) gebildet und bereits ca. 82 % Austenit in Ferrit umgewandelt, bevor die zweite Abkühlstufe (16) einsetzt (die heute produzierten Dualphasen-Stähle haben im allgemeinen einen Anteil von > 80 % Ferrit).

Die Erfindung ist nicht auf die in den Darstellungen beschriebenen beispielhaften Abkühlkurven beschränkt, sondern auch andere Abkühlkurven wie zum Beispiel bei Kühlsystemen mit einer stufenlos veränderbaren Kühlmittelmenge, die im Sinne der Erfindung zu höheren Umwandlungstemperaturen führen, sind möglich. Auch ist die Erfindung nicht auf eine Wasserkühlung beschränkt, sondern es können andere Kühlsysteme verwendet werden, die zu einem frühen Erreichen des Ferritgebietes bei hohen Temperaturen führen.

23 JULI 1998

- 6 -

SMS Schloemann-Siemag Aktiengesellschaft,  
Eduard-Schloemann-Straße 4, 40237 Düsseldorf

37 206

## Ansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Dualphasen-Stählen aus dem warmgewalzten Zustand mit einem zweiphasigen Gefüge aus 70 bis 90 % Ferrit und 30 bis 10 % Martensit durch eine kontrollierte Temperaturführung und definierte Kühlstrategie während der Abkühlung der Stähle, unter anderem mittels Wasserkühlung nach ihrer Fertigwalzung, wobei in einer ersten Abkühlstufe die Kühlkurve in das Ferritgebiet einläuft und nach Erreichen des notwendigen Ferritanteils in einer zweiten Abkühlstufe auf Temperaturen unterhalb der Martensitstarttemperatur weiter abgekühlt wird,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass während der ersten Abkühlstufe (14) die Abkühlkurve (10) der Stähle mit einer so niedrigen Abkühlgeschwindigkeit von 20 K/s bis 30 K/s eingestellt wird, dass die Abkühlkurve (10) mit einer noch so hohen Temperatur in das Ferritgebiet einläuft, dass die Ferritbildung schnell erfolgen kann und vor Beginn der zweiten Abkühlstufe (16) bereits mindestens 70 % des Austenits in Ferrit umgewandelt sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die zweite Abkühlstufe (16) ohne zwischengeschaltete Luftkühlung und Haltezeit unmittelbar an die erste Abkühlstufe (14) anschließt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Kühlung während der ersten Abkühlstufe (14) durch eine aufgelockerte Kühlung mit Hilfe von mit Abstand hintereinander angeordneten Wasserkühlstufen (7) oder bei Kühlsystemen mit einer stufenlos veränderbaren Kühlmittelmenge erfolgt.
4. Verfahren nach Anspruch 3,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass während der Umwandlung des Austenits in Ferrit bis zum angestrebten Ferritgehalt von mindestens 70 % die aufgelockerte Kühlung fortgesetzt wird.

5. Anlage zur Durchführung des Verfahrens nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, zur Herstellung von Dualphasen-Stählen aus dem warmgewalzten Zustand, **gekennzeichnet durch** eine hinter dem letzten Fertigwalzgerüst (1) angeordnete Kühlstrecke (6) mit mehreren mit Abstand hintereinander angeordneten Wasserkühlstufen (7) oder mit Kühlsystemen mit einer stufenlos veränderbaren Kühlmittelmenge.
6. Anlage nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl der Wasserkühlstufen (7), ihre wirksame Länge und ihr Abstand voneinander veränderbar oder bei einer Mengenregelung stufenlos verstellbar sind.



23 JULI 1998  
Zusammenfassung

Um bei der Herstellung von Dualphasen-Stählen (2), die nach dem letzten Umformschritt in einem Walzgerüst (1) durch gezielte Kühlung hergestellt werden, wobei ein zweiphasiges Gefüge aus 70 bis 90 % Ferrit und 30 bis 10 % Martensit eingestellt wird, von der Stahlgeometrie und der Bandgeschwindigkeit unabhängig zu werden, wird gemäß der Erfindung vorgeschlagen, die Kühlung in einer Kühlstrecke (6) mit hintereinander angeordneten Wasserkühlstufen (7) in Form einer aufgelockerten Kühlung durchzuführen. (Fig. 1).

70600000

FIG. 1

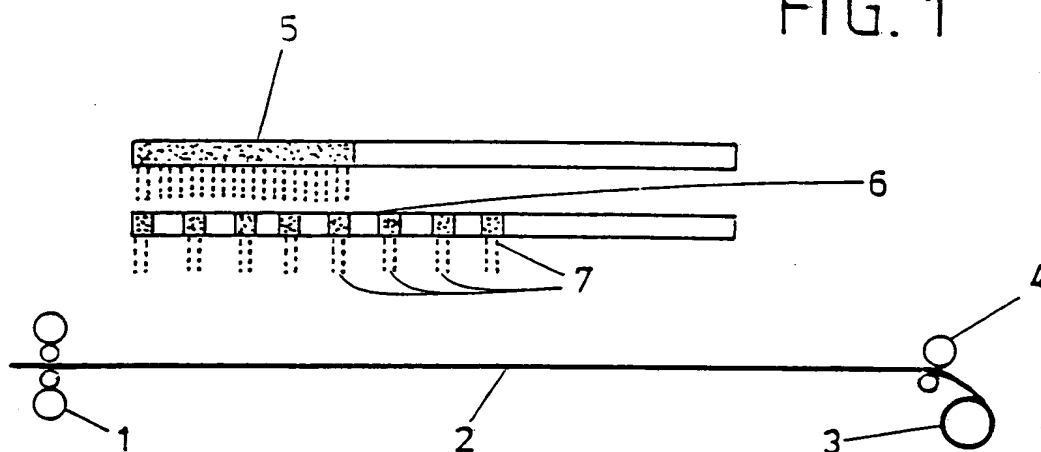
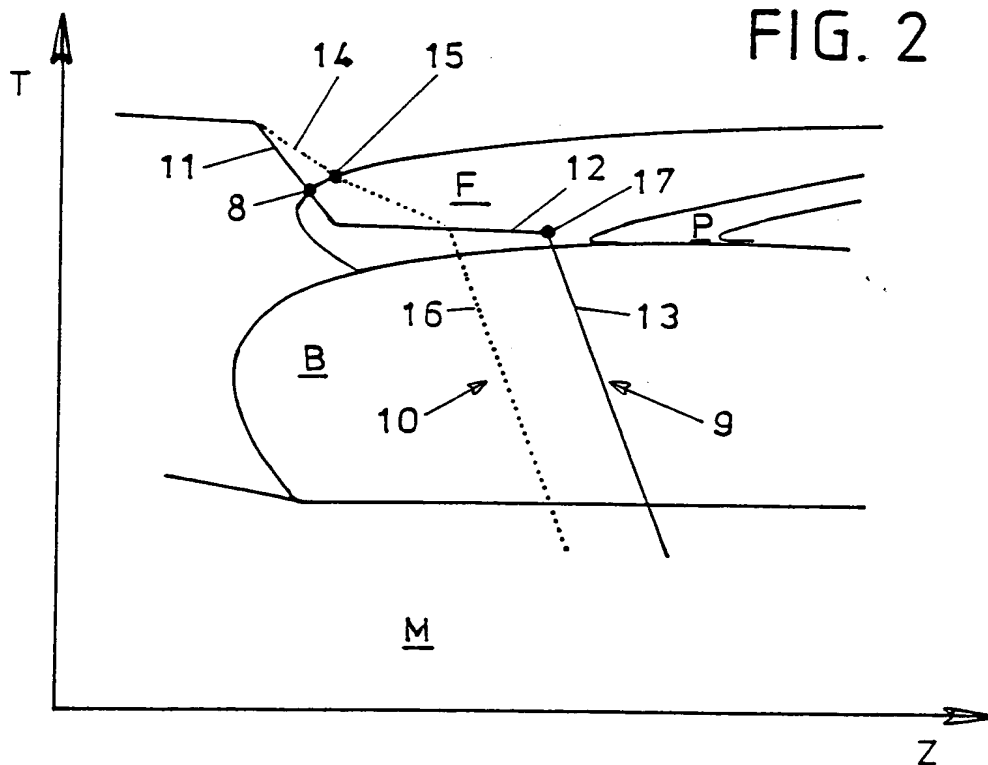


FIG. 2



M 05.08.99

FIG. 3

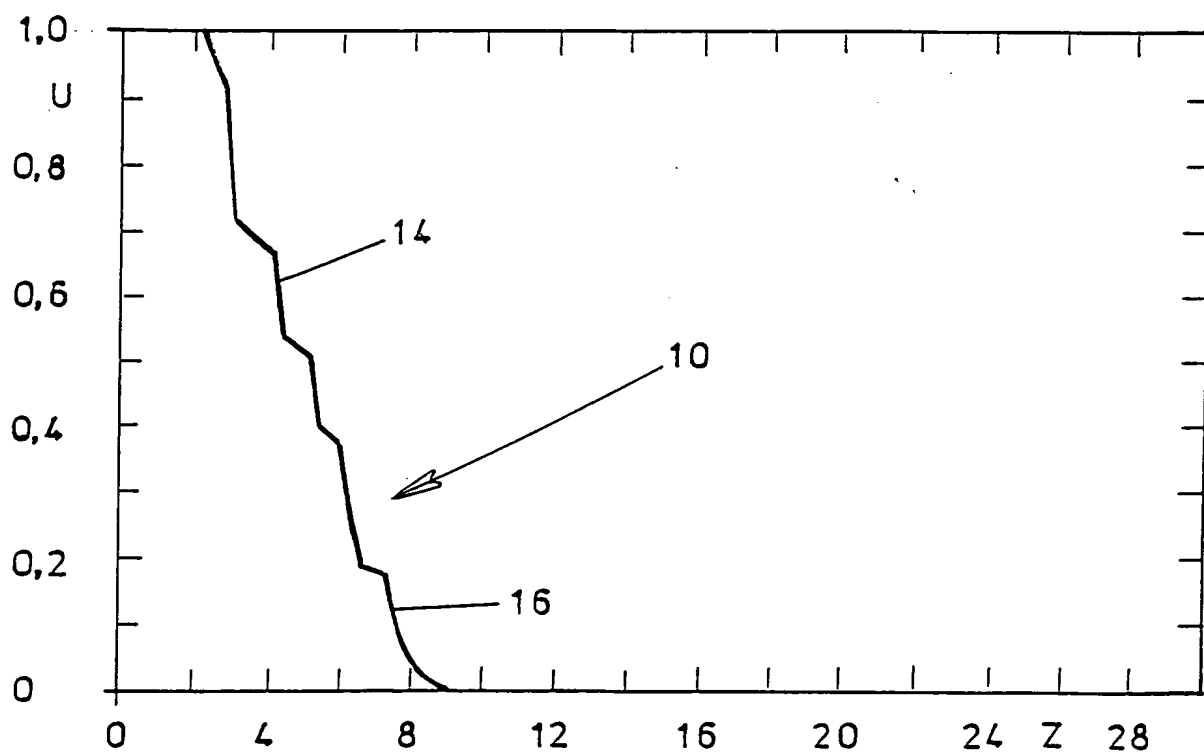
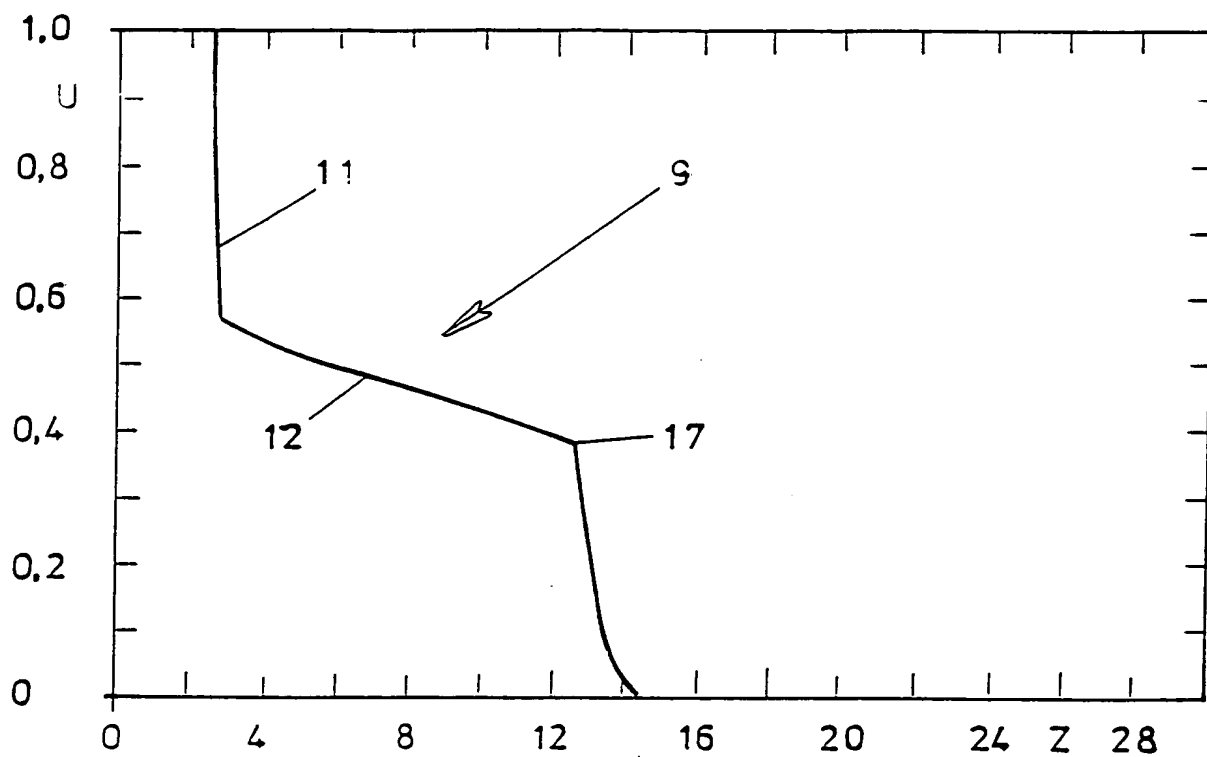


FIG. 4

